

(43)公表日 平成13年1月23日(2001.1.23)

審查請求 未請求 予備審查請求 未請求(全 14 頁)

(71)出願人 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン
ヴィッテルスバッハープラッツ 2

(72)発明者 ゲラルト デボイ
ドイツ連邦共和国 D-82008 ウンター
ハッヒング ハウプトシュトラッセ 10

(72)発明者 イェネ ティハニー
ドイツ連邦共和国 D-85551 キルヒハイム
イザーヴェーク 13

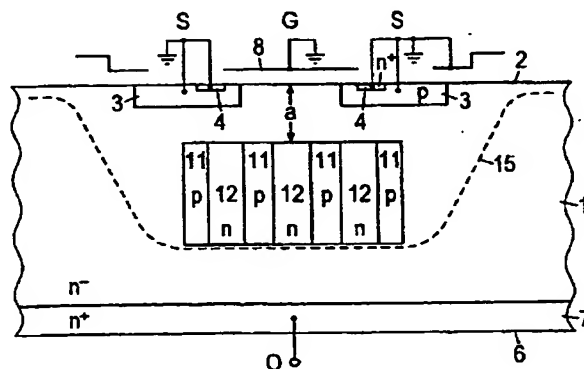
(74)代理人 弁理士 矢野 敏雄 (外3名)

(54) 【発明の名称】 縦形パワーMOSFET

(57) 【要約】

本発明は、イオン領域（１）内に配設された付加的柱状領域（１１、１２）を有する縦形パワーＭＯＳＦＥＴに関する。これらの付加的領域はイオン領域（１）と同じ伝導形と異なる伝導形を有している。電荷キャリアの寿命は、イオン領域（１）と同じ伝導形の付加的領域（１２）においては低減され、イオン領域（１）は次のように選定されている。すなわち空間電荷層領域が、イオン領域とドレイン領域の間の接合部に達しないように選定されている。

FIG 1



【特許請求の範囲】

1. 第1の伝導形で所定のドーピング濃度のイオン領域(1)を有し、
前記イオン領域(1)と半導体第1表面に接している第2の伝導形の少なくとも1つのベース領域(3)を有し、該ベース領域(3)内にはそれぞれ少なくとも1つのソース領域(4)が埋め込まれており、

半導体表面の一方に接するドレイン領域(7)を有し、

前記イオン領域(1)内で実質的に遮断電圧のもとで拡張する空間電荷領域内部に配設された第2の伝導形の付加的領域(11)を有し、

前記第2の伝導形の付加的領域(11)間に存在し前記イオン領域(1)よりも高めにドーピングされる少なくとも1つの第1の伝導形の付加的領域(12)を有し、

前記付加的領域(11, 12)のドーピングレベルと、前記第2の伝導形の付加的領域の間隔は相互に、それらの電荷キャリアが逆電圧の印加のもとで十分除去されるように選定されている、半導体を備えた縦形パワーMOSFETにおいて、

電荷キャリアの寿命が少なくとも前記第1の伝導形の付加的領域(12)において低減されており、前記付加的領域(11, 12)の厚さ寸法は、逆電圧のもと

で拡張される空間電荷領域(15)が半導体第1表面から離れた側の、前記第1の伝導形の付加的領域(12)とイオン領域(1)との間の接合部を実際に越えないように選定されていることを特徴とする、縦形パワーMOSFET。

2. 前記電荷キャリア寿命は、白金及び/又は金の拡散によって、又は電子及び/又はヘリウムの照射によって低減されている、請求項1記載の縦形パワーMOSFET。

3. 前記電荷キャリア寿命は、 $0.5\mu s$ よりも下方の値に設定されている、請求項1又は2記載の縦形パワーMOSFET。

4. 縦形MOSFETの厚さ方向における前記付加的領域(11, 12)の厚さは、400Vの逆電圧に対し約 $10\mu m$ よりも下方の値である、請求項1又は

2記載の縦形パワーMOSFET。

5. 前記付加的領域(11, 12)の1つは、p形柱状部ないしn形柱状部としてnないしp形エピタキシャル層に設けられている、請求項1～4いずれか1項記載の縦形パワーMOSFET。

6. 前記付加的領域(11, 12)は、p形柱状部ないしn形柱状部としてn-ないしp-形エピタキシャル層に設けられている、請求項1～4いずれか1項記載の縦形パワーMOSFET。

【発明の詳細な説明】

縦形パワーMOSFET

従来技術

本発明は、第1の伝導形で所定のドーピング濃度のイオン領域を有し、前記イオン領域と半導体第1表面に接している第2の伝導形の少なくとも1つのベース領域を有し、該ベース領域内にはそれぞれ少なくとも1つのソース領域が埋め込まれており、半導体表面の一方に接するドレイン領域を有し、前記イオン領域内で実質的に逆電圧のもとで拡張する空間電荷領域内部に配設された第2の伝導形の付加的領域を有し、前記第2の伝導形の付加的領域間に存在し前記イオン領域よりも高めにドーピングされる少なくとも1つの第1の伝導形の付加的領域を有し、前記付加的領域のドーピングレベルと、前記第2の伝導形の付加的領域の間隔は相互に、それらの電荷キャリアが逆電圧の印加のもとで十分除去されるように選定されている、半導体を備えた縦形パワーMOSFETに関する。

この種の縦形パワーMOSFETは例えばドイツ連邦共和国特許出願DE 43 09 764 C2に記載されている。

この公知の縦形パワーMOSFET（これは図3に断面図が示されている）は、低濃度n形ドーピングさ

れたイオン領域1を有している。半導体の上面2にはp伝導形のベース領域3が被着されている。そしてこのベース領域3内にはn⁺伝導形のソース領域4が埋め込まれている。絶縁されて上面2の上方にはゲート電極8が設けられている。別の表面6には高濃度ドーピングされた、イオン領域1と同じ伝導形のドレイン領域7が配設されている。イオン領域1内では、逆電圧のもとで拡張される空間電荷領域の範囲内に付加的な半導体領域11、12が設けられている。この場合イオン領域1とは反対の伝導形の少なくとも2つの領域11が含まれている。これらの領域11の間には、前記イオン領域1と同じn伝導形で前記イオン領域よりも高濃度にドーピングされた付加的領域12が設けられている。これらの付加的領域11、12は、柱状に形成されている。反対の伝導形の付加的領域11は、ロッド状にも配設可能である。それによりそれらは各方向で固有の領域12に

取り囲まれる。この固有領域も領域12と同じようにイオン領域1と同じ伝導形を有するが、高濃度にドーピングされている。

図3によるパワーMOSFETに通流方向で電圧が印加されたならば、これはゲート電極8を介して導通的に制御され得る。この場合は、ソース領域4から生じた電子が付加的な領域12内へ高濃度ドーピングされる。それと共にパワーMOSFETのチャネル抵抗は低減する。

このパワーMOSFETに逆電圧が印加されたならば、イオン領域1とベース領域3の間のpn接合部から空間電荷領域が形成される。それらの膨張は、逆電圧の上昇と共に成長する。この空間電荷領域がp形ドーピング領域11に接すると、これはイオン領域1の除去領域を介して導電的にベース領域3に接続する。この高抵抗な接続は、その動的な特性が故にそれ自体望まれるものではない。逆電圧のさらなる上昇は、この空間電荷領域のさらなる膨張につながる。そのため電荷キャリアの一部も領域11と12から取り除かれる。このことは図中の破線で概略的に表されている。

逆電圧のさらなる上昇のもとでは、イオン領域1の大部分と領域11、12から電荷キャリアが取り除かれる。それと共にこの空間電荷領域は、イオン領域1内で、破線14によって仕切られている経過をとる。最大遮断印加電圧のもとでは付加的領域11、12が完全に空間電荷領域内に存在する。

電荷キャリアの除去は、領域11、12が存在しないかのように作用する。空間電荷領域の最大膨張のもとでは一次近似において最終的にイオン領域1のドーピングが基準とされる。補償の度合い、すなわち領域11（p形柱状部）の電荷の和と、領域12（n形柱状部）並びに周辺領域の電荷の和のトータルバランスの選択が不十分である場合には、この構成素子によって1000V以上で直ちに遮断が生じる。それに対して

通流の場合では、このパワーMOSFETは遮断性の著しく低いMOSFETに相応する抵抗を有する。この遮断特性は、領域11、12のレベルと補償の度合いによって定められる。

チャネル抵抗は、領域11、12と第1の表面2との間隔によって設定される。その他にも領域12のドーピングによって影響される。

この公知のMOSFETでは領域11、12のドーピングと厚さが次のように設定される。すなわちこれらの領域11、12からの電荷キャリアが最大逆電圧の印加の際に完全に除去されるように設定される。

パワーエレクトロニクスで用いられる縦形MOSFETは、他のトランジスタ（例えば絶縁ゲートを備えたバイポーラトランジスタ（IGBT））のコンセプトとは異なって、n+基板、n-エピタキシャル層、pウエル（図3の符号7、1、3）によって形成される反転ダイオードをフリーホイールダイオードとして用いる手段を提供する。そのようなフリーホイールダイオードは、特にパルスインバータでの利用、例えば切換パワーパックやエンジン制御のためのハーフブリッジ、フルブリッジ等において必要とされる。

今日では、反転ダイオードが所期のようにフリーホイールダイオードとして使用可能な構成素子がFREDFET（“Fast Recovery Epitaxial Diode-FET”）によってもたらされている。しかしながらこのリバー

スリカバリティ特性（“Rueckwaerts-Erholungsverhalten”）は、所期のトランジスタ特性に基づいてその電流さい断や逆電流ピークの高さとその時間経過に関しては最適とは言い難い。

通常MOSFETが適用されるならば、MOSFETを破壊から防ぐためにドレインとソースの間に固有のフリーホイールダイオードとさらなるツェナーダイオードの外部からの接続が常に必要とされる。図3に示されているそして先のドイツ連邦共和国特許出願DE 43 09 764 C2明細書からも公知のパワーMOSFETは、その反転ダイオードの特性に関しては満足のゆくものではない。

それ故に本発明の課題は、その反転ダイオードの特性に関して、トランジスタ特性を低下させることなく（特にドレイン-ソース間の固有抵抗）、十分に改善の施された縦形パワーMOSFETを提供することである。

この課題は本発明により、電荷キャリアの寿命が少なくとも前記第1の伝導形の付加的領域において低減されており、前記付加的領域の厚さ寸法は、逆電圧の

もとで拡張される空間電荷領域が半導体第1表面から離れた側の、前記第1の伝導形の付加的領域とイオン領域との間の接合部を実際に越えないように選定された構成によって解決される。

この場合本発明は次のような知識に基づいている。

すなわちイオン領域と同じ伝導形の付加的領域のドーピング濃度が平均して、同じ逆電圧を受け入れる基板(例えばn-ドーピングされている)のドーピング濃度をほぼ越えるオーダーにあることに基づいている。それ故に通流領域のドーピングにおける寿命設定の補償作用の結果としてMOSFETの固有抵抗への負の作用が現われる前に、電荷キャリア寿命が白金、金等の拡散によって、又は電子又はヘリウムの照射によって少なくとも同じ量だけ強く低減され得る。

つまり著しく短い電荷キャリアの寿命が得られる。この場合の目標値としては $0.5\mu\text{s}$ よりも短い値が挙げられる。この少なくされた寿命によって、電流の迅速なコミューションが得られる。それによりMOSFETは早期にその逆電圧を受け入れ可能となる。これによりスイッチオンされたMOSFETの蓄積電荷と負荷がフルブリッジコンフィグレーションないしはハーフブリッジコンフィグレーション内で相応に低減される。

能動層を形成する付加的領域の厚さ寸法は、次のように最適に選定される。すなわちいづれにせよ完全な逆電圧のもとで空間電荷層が、半導体の第1表面とは離れた側(後方)の、イオン領域とドレイン領域の間のn-/n+接合部に達しないように選定される。例えばこの場合の一例として、400Vの逆電圧に対して約 $10\mu\text{m}$ よりも薄い厚さが挙げられる。

それにより、実質的に電流は高濃度ドーピングされたチャネル領域内のみを流れるため、ドレイン/ソース固有抵抗におけるロス是非常に僅かとなる。またMOSFETの“後方”の領域における蓄積電荷は維持されることが達成される。この蓄積電荷は、約 $0.5\mu\text{s}$ 以内に再結合と拡散によって分解される。それにより逆電流ピークの“穏やかな”経過、いわゆる“ソフトリカバリー特性”が得られるものとなる。特にこの逆電流のさい断も(これは最小厚さ寸法による各M

OSFETのもとで生じる)低減され得る。過電圧(これは転換スイッチのアバランシェ降伏まで転流及びスイッチオンされたMOSFET間の分岐における浮遊インダクタンスによって生じ得る)及びそれに伴う回路網負荷も確実に回避される。

本発明による縦形パワーMOSFETはフリーホイールダイオードとしても使用可能である。このことは固有のフリーホイールダイオードによる相応の補足的回路接続も従来技術とは異なってもはや不必要になることを意味する。

次に本発明を図面に基づき以下の明細書で詳細に説明する。この場合、

図1は、本発明による縦形パワーMOSFETの断面図であり、図2のA〜CはこのパワーMOSFETの製造過程の説明のための概略図であり、図3は従来の縦形パワーMOSFETの断面図である。

実施例

図1では、図3と相互に相応する部材には同じ参照番号が付されている。そのためここでの説明の繰り返しは省く。

図3による従来技法の縦形MOSFETとは異なって、本発明による縦形パワーMOSFETでは、n伝導形領域11が白金、金等の拡散によってドーピングされている。これはこの領域における電荷キャリアの寿命を低減させるためである。この電荷キャリアの寿命の低減は、電子又はヘリウムの照射によっても達成可能である。最初から高められたドーピングのために、MOSFETの固有抵抗に対する影響は、電荷キャリア寿命低減の補償作用の結果として回避される。

この低減された電荷キャリア寿命によって、電流の迅速な転換が達成され、それによってパワーMOSFETが早期にその逆電圧を受け入れ可能となる。

付加的な領域11, 12の厚さ寸法は、次のように選定される。すなわちフルの逆電圧のもとで空間電荷領域が、後方のイオン領域1とドレイン領域7の間のn+/n-接合部に決して達しないように選定される。実際には、付加的領域11, 12とイオン領域1の間の移行部において終端している。

この空間電荷領域の最大膨張は図1中の破線15によって表されている。

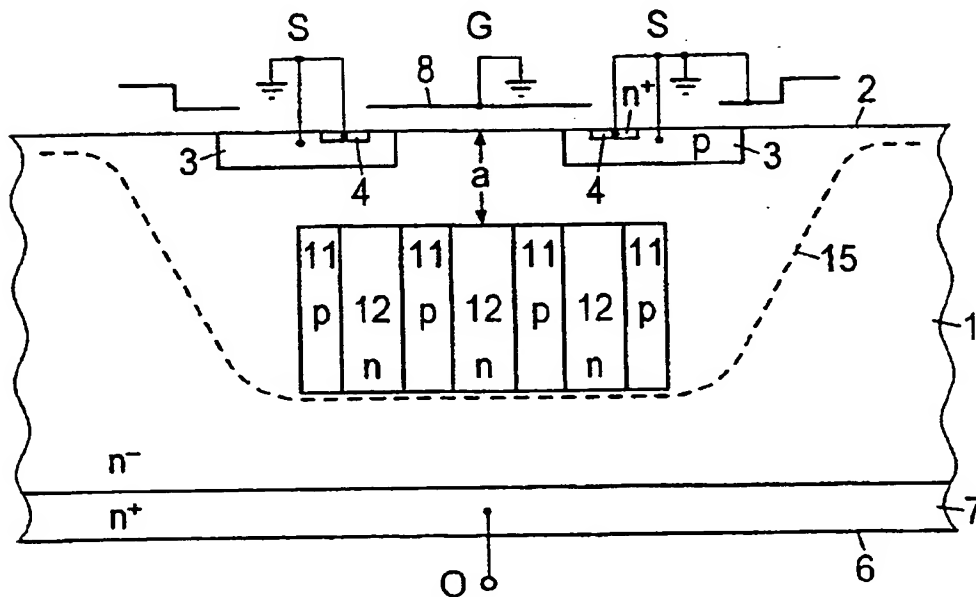
図1及び図2に示されている極性はもちろん入換え

ることも可能である。それにより例えばイオン領域1をp形ドーピングし、対して付加的領域11はn形ドーピングし、さらに付加的領域12をイオン領域1と同じp形ドーピングとしてもよい。その他にもp伝導形イオン領域1内にn伝導形領域11（“柱状部”）のみを設けるか又はn伝導形イオン領域1内にp伝導形領域11のみを設けてもよい。

前記領域11、12は、領域12に対するn形エピタキシャル層内に領域11に対する“p形柱状部”として形成してもよく（図2C参照）、あるいは領域12に対する“n形柱状部”として領域11に対するp形エピタキシャル層内に形成されてもよい（図2B参照）。また前記領域11、12を“n形柱状部”及び“p形柱状部”としてn-ないしp-エピタキシャル層内に設けてもよい（図2A参照）。特に有利なのは図2Cの変化例である。

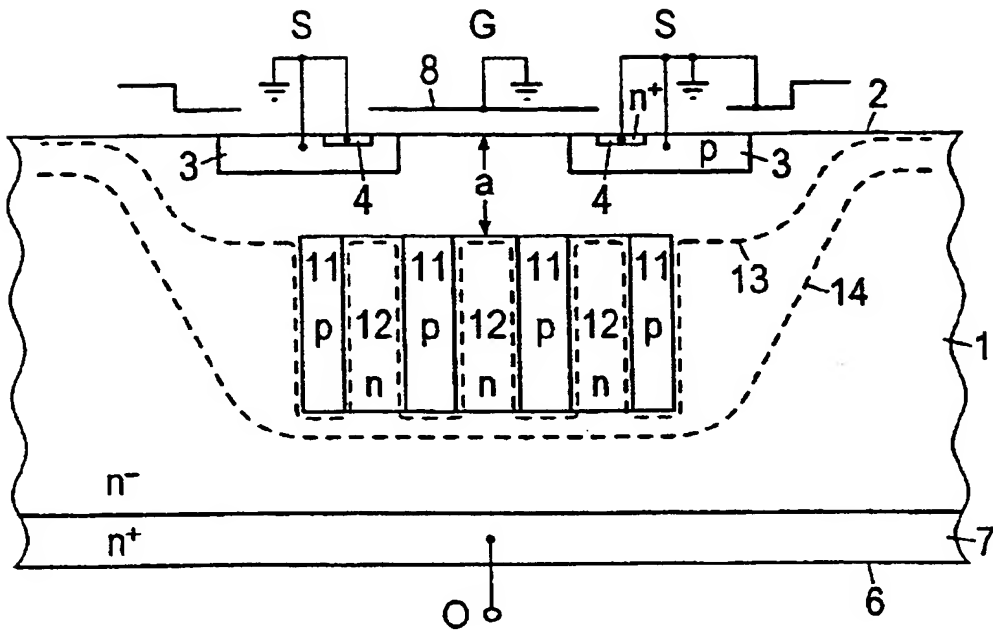
【図1】

FIG 1



【図3】

FIG 3



【図2】

FIG 2A

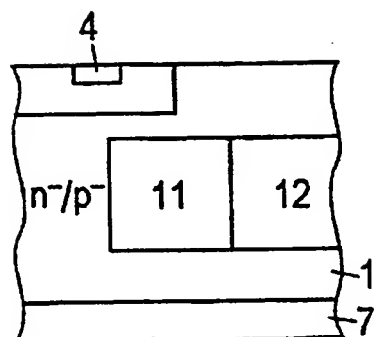


FIG 2B

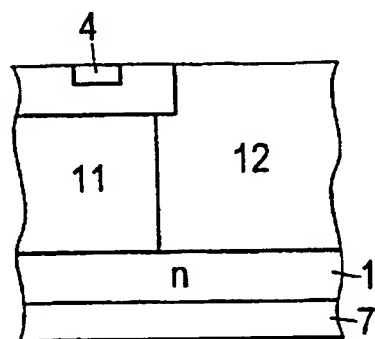
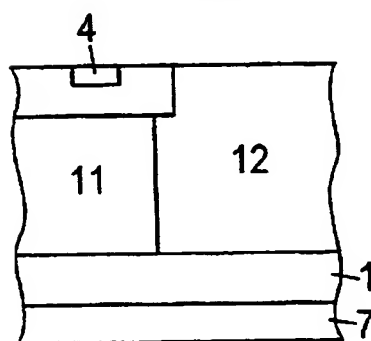


FIG 2C



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Internat'l Application No
PCT/DE 98/02020

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 H01L29/78 H01L29/167 H01L29/32		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 H01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 43 09 764 A (SIEMENS AG) 29 September 1994 cited in the application see column 1, line 49 - column 3, line 7; figure 1	1-6
Y	EP 0 071 916 A (SIEMENS AG) 16 February 1983 see page 1, line 27 - page 2, line 31; figures 1,2 see page 3, line 22 - page 5, line 30; figures 3,4	1-6
A	US 5 216 275 A (CHEN X) 1 June 1993 see column 1, line 55 - column 3, line 19; figures 3-2,3-3 see column 5, line 64 - column 6, line 2; figure 5	5,6
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" documents of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
17 November 1998		26/11/1998
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx 31 631 epo NL Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Morvan, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/DE 98/02020

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 2 243 952 A (INT RECTIFIER CORP) 13 November 1991 see page 29, line 30 - page 31, line 23; figures 19,20 see page 31, line 20 - line 27 see abstract -----	2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No
PCT/DE 98/02020

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4309764 A	29-09-1994	JP 7007154 A US 5438215 A	10-01-1995 01-08-1995
EP 0071916 A	16-02-1983	DE 3131914 A JP 58039065 A	24-02-1983 07-03-1983
US 5216275 A	01-06-1993	CN 1056018 A	06-11-1991
GB 2243952 A	13-11-1991	AT 95691 A CA 2042069 A DE 4114174 A FR 2662025 A FR 2695253 A IT 1247293 B JP 4229660 A KR 9511019 B US 5661314 A	15-04-1998 10-11-1991 14-11-1991 15-11-1991 04-03-1994 12-12-1994 19-08-1992 27-09-1995 26-08-1997